UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 1954 - N° 218

ESSAI D'UTILISATION DU TAPPING-TEST POUR LA DÉTERMINATION DE LA FATIGUE DU PERSONNEL NAVIGANT DE L'AVIATION

Thèse pour le Doctorat en Médecine

Présentée et soutenue publiquement le Samedi 27 Novembre 1954

par

Michel LEITNER

né à BORDEAUX (Gironde), le 11 Novembre 1929

ÉLÈVE DE L'ÉCOLE PRINCIPALE DU SERVICE DE SANTÉ DE LA MARINE ET DES COLONIES

Examinateurs de Thèse :

MM. FABRE, professeur ..... Président

SARIC, professeur ..... Juges

Mlle ROUGIER, maître de conférences agrégée Juges

M. FAURE, maître de conférences agrégé Juges

BORDEAUX

IMPRIMERIE MODERNE DE GUYENNE

29, RUE DE BELFORT

1954

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 1954 - N° 218

ESSAI D'UTILISATION DU TAPPING-TEST POUR LA DÉTERMINATION DE LA FATIGUE DU PERSONNEL NAVIGANT DE L'AVIATION

Thèse pour le Doctorat en Médecine

Présentée et soutenue publiquement le Samedi 27 Novembre 1954

par

Michel LEITNER

né à BORDEAUX (Gironde), le 11 Novembre 1929

ÉLÈVE DE L'ÉCOLE PRINCIPALE DU SERVICE DE SANTE DE LA MARINE ET DES COLONIES

Examinateurs de Thèse

MM. FABRE, professeur ..... Président

SARIC, professeur ..... Juges

Mlle ROUGIER, maître de conférences agrégée Juges

M. FAURE, maître de conférences agrégé Juges

BORDEAUX
IMPRIMERIE MODERNE DE GUYENNE
29, RUE DE BELFORT

1954

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYENS HONORAIRES : MM. DUPÉRIÉ, CHELLE.
DOYEN : M. PORTMANN. — **ASSESSEUR** : M. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. A. MANDOUL, GUYOT, ANDÉRODIAS, ROCHER, LANDE, DUVERGEY, CARLES, LEURET, PÉRY, CHARRIER, DUBREUIL, PERRENS, CRUCHET.

PROFESSEURS :

	MM.		MM.
Clinique médicale	CREYX, BROUSTET	Pathol. générale et expériment.	SARIC
Clinique chirurgicale	PAPIN, MASSÉ	Clinique ophtalmologique	BEAUVIEUX
Clinique d'accouchements	RIVIÈRE	Clin. chirurg. infant. et orthop.	POUYANNE
Clinique gynécologique	MAGENDIE	Clin. des maladies infectieuses.	AUBERTIN
Anat. path. et microsc. clinique	DE GRAILLY	Chimie biologique médicale	TAYEAU
Anatomie	DUFOUR	Physique médicale et pharmac.	PIFFAULT
Anatomie générale et histologie	MAYER	Méd. col. et clin. des mal. exot.	BONNIN
Hyg. et Clin. de la tuberculose	PIÉCHAUD	Clin. des mal. cutan. et syphyl.	JOULIA
Méd. légale et méd. du travail	DERVILLÉE	Clin. des mal. des voies urin.	DARGET
Electr. et clin. d'électr. médicale	REBOUL	Clin. des mal. nerv. et mentales	DELMAS-MARSALET
Chimie	MESNARD	Clin. d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN
Matière médicale	GOLSE	Toxicologie et hygiène appliquée	CASTAGNOU
Pharmacie	VITTE	Clinique odonto-stomatologique	DUBECQ
Physiologie	FABRE	Botanique et cryptogamie	GIRARD
Clin. méd. des mal. des enfants	FONTAN	Thérapeutique	TRAISSAC
Zoologie et parasitologie	SIGALAS	Hydrol. thérap. et climatologie.	DUBARRY

PROFESSEUR A TITRE PERSONNEL :

M. BLANQUET (Physique pharmaceutique)

PROFESSEURS SANS CHAIRE :

M. MAHON (Obstétrique) — M. PAUTRIZEL (Parasitologie)

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES :

	MM.		MM.
Parasitologie	PAUTRIZEL	Pharmacie (1re Section)	R. GOLSE
Physiologie	Mlle ROUGIER	Pharmacie (2e Section)	MASQUELIER, QUILICHINI
Bactériologie	MOUSTARDIER	Pharmacie (3e Section)	CAZAUX
Anatomie pathologique	LÉGER	Biochimie médicale	NEUZIL
Anatomie	RIGAUD	Pathologie expérimentale	FAURE

CHARGE DES FONCTIONS DE MAITRE DE CONFERENCES AGREGE :

M. R. STOLL (Histologie)

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Médecine générale	BERGOUIGNAN, LENG-LEVY, MORETTI, LAVIGNOLLE	Obstétrique	CHASTRUSSE, FAUGÈRE
Chirurgie générale	LAUMONIER, CHAVANNAZ, VILLAR, TINGAUD, DEPAULIS	Ophtalmologie	BESSIÈRE
		Oto-rhino-laryngologie	DESPONS
		Dermatologie et syphiligraphie.	LE COULANT
		Pédiatrie et puériculture	VERGER
		Méd. légale et méd. du travail	L'ÉPÉE
		Electro-radiologie	LACHAPELE
		Odonto-stomatologie	BENOIT
		Urologie	LANGE

COURS COMPLEMENTAIRES :

	MM.		MM.
Médecine opératoire	LAUMONIER	Organographie et phys. végét.	TEMPÈRE
Accouchements	CHASTRUSSE	Chimie biologique analytique	MARQUEVIELLE
Puériculture	VERGER, PÉRY	Chimie analytique	BABIN, LAUMONIER
Législation pharmaceutique	COUSTOU	Pathologie chirurgicale	VILLAR, LANGE
Anatomie	CABANIÉ	Zoologie pharmaceutique	BAILENGER
Cryptogamie	LAUBIE	Physiologie	BENELLI
Obstétricie sociale	MAHON		

Le Secrétaire principal de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A MON PERE

A MA MERE

A MA FIANCEE

A MA SŒUR

A Monsieur et Madame DE NAUROIS

A TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS

A Monsieur le Colonel GRANDPIERRE,

Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Nancy,
Médecin-chef du Centre d'Etude de Biologie aéronautique,
Chevalier de la Légion d'honneur.

Il a bien voulu nous confier le sujet de cette thèse, nous lui en gardons une reconnaissance profonde et respectueuse.

A Monsieur le Médecin Commandant OLSEN,

Il nous a dirigé et conseillé dans notre travail. Nous lui en gardons une profonde reconnaissance.

Monsieur le Médecin Général de 1re Classe TABET

Directeur de l'Ecole Principale du Service de Santé,
de la Marine et des Colonies,
Spécialiste des Hôpitaux Maritimes,
Commandeur de la Légion d'Honneur,
Commandeur de l'Ordre de la Santé Publique,
Officier du Mérite Maritime,

Monsieur le Médecin en Chef de 1re Classe de la Marine

CONSTANS

Sous-Directeur de l'Ecole Principale du Service de Santé
de la Marine et des Colonies,
Spécialiste des Hôpitaux Maritimes,
Chevalier de la Légion d'Honneur,
Croix de Guerre 1939-1945.

A NOS MAITRES
DE L'ECOLE PRINCIPALE DU SERVICE DE SANTE
DE LA MARINE ET DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

A NOS MAITRES DE LA FACULTE DE MEDECINE
ET DES HOPITAUX DE BORDEAUX

A NOS JUGES DE THESE :

Monsieur le Docteur J. FAURE

Maître de Conférence, agrégé de Pathologie expérimentale,
Chef du Laboratoire de Neurotechnique
du Centre Hospitalier régional,
Croix de Guerre 1939-1945.

Mademoiselle ROUGIER

Maître de Conférence agrégée de physiologie,
Officier d'Académie.

Monsieur le Professeur SARIC

Professeur de Pathologie générale et expérimentale,
Médecin des Hôpitaux.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE,

Monsieur le Professeur R. FABRE,

Professeur de Phisiologie à la Faculté de Médecine de Bordeaux,
Directeur de l'Institut d'Education physique,
Officier de la Légion d'honneur,
Médaille militaire,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.

Il nous a fait le grand honneur de présider cette thèse. Nous l'assurons de notre respectueuse reconnaissance.

AVANT-PROPOS

Avant de commencer cette étude, nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidé et conseillé dans sa réalisation, et tout particulièrement M. le Médecin-Colonel Grandpierre, qui nous a si aimablement ouvert les portes du Centre d'Etudes de Biologie Aéronautique de Paris, et M. le Médecin-Commandant Olsen. Nos remerciements vont aussi à M. le Professeur Franck, dont les travaux ont constitué un point de départ précieux pour ce travail, à M. le Médecin-Colonel Raboutet et à M. le Médecin-Colonel Chemin, qui nous ont permis de poursuivre notre étude aux Centres d'Examen médical du personnel navigant de Paris et de Bordeaux, à M. le Médecin-Commandant Castet, Médecin-Chef de la base aérienne de Cambrai.

INTRODUCTION

Le développement sans cesse accru des techniques nouvelles qui permettent aux avions civils comme aux avions militaires de voler de plus en plus vite et de plus en plus haut met au premier plan l'étude de la fatigue du personnel navigant et tout spécialement sa mise en évidence de façon rapide et précise. De nombreux auteurs se sont penchés et se penchent encore sur ce problème capital. Des recherches ont été pratiquées ou sont en cours apportant des résultats souvent peu satisfaisants, voire contradictoires. Dans ce travail nous nous sommes proposé d'apporter une contribution à cette étude en essayant d'apprécier la valeur objective du « tapping-test » en tant que mesure de la fatigue du personnel naviguant. Le principe de ce test est basé sur la détermination de la vitesse maximum de répétition du mouvement volontaire.

Descartes a dit qu'avant toute discussion il importait de définir chaque terme. Nous devons donc en premier lieu tenter de donner une définition aussi satisfaisante que possible de la fatigue de l'aviateur. Cette première tâche soulève bien des difficultés car les auteurs considèrent le problème sous des aspects souvent différents ce qui entraîne quelques divergences d'opinion. Tous, cependant semblent s'accorder pour faire rentrer cette fatigue dans le cadre du syndrome d'adaptation de Selye. Nous pourrions dire avec Beyne qu'il s'agit d'une « faillite de l'adaptation au vol » ou d'une « saturation après vols fréquents et prolongés, surtout à l'apprentissage ou en opération de guerre ». La définition de Grandpierre semble préciser davantage :

« affection psychosomatique survenant chez l'aviateur à la suite de vols nombreux et prolongés surtout effectués dans des circonstances difficiles ».

Nous pouvons considérer maintenant la fatigue comme un phénomène comportant deux étapes distinctes quant à leurs répercussions sur l'équilibre psychosomatique de l'individu :

— la fatigue aiguë, dans laquelle le sujet récupèrera rapidement et intégralement les dettes contractées par son organisme;

— la fatigue chronique où la faculté de récupération est insuffisante provoquant ainsi une augmentation croissante de la dette qui se manifestera par des modifications importantes tant au point de vue somatique que psychique.

De nombreux facteurs peuvent intervenir pour déterminer cette fatigue ou pour y prédisposer les pilotes. En premier lieu, les facteurs dus aux conditions atmosphériques. La diminution de la pression partielle d'oxygène provoque de nombreux troubles en agissant tout particulièrement et d'une façon précoce sur les systèmes nerveux et musculaire dont on connaît le grand besoin en oxygène. La dépression atmosphérique qui provoque dans certains cas l'aéroembolisme ou la dilatation des gaz dans les cavités aériques peut être génératrice de fatigue. Les variations brusques de température provoquent des réactions organiques importantes; on a remarqué aussi que sur les lignes commerciales la sécheresse de l'air dans les cabines étanches entraînait une déperdition d'eau provoquant une chute de poids et de la fatigue.

Les facteurs dus à l'avion et au pilotage, interviennent aussi pour favoriser l'apparition de celle-ci. Les bruits et les vibrations qui affectent les organes des sens, les muscles, le système nerveux végétatif n'ont pas encore disparu dans les avions modernes. Les pilotes considèrent les accélérations comme un facteur prépondérant et la voltige en altitude semble être particulièrement génératrice de fati-

gue, provoquant une lourdeur persistante dans les jambes et quelquefois même un œdème des membres inférieurs plus ou moins important.

Nous citerons encore le travail du pilote. Il ne s'agit pas d'un travail musculaire dynamique que l'on peut considérer comme pratiquement négligeable dans beaucoup d'avions, mais bien d'un travail statique qui fait rapidement apparaître la fatigue (lutte contre les accélérations par contraction des muscles abdominaux en particulier, qui se voit principalement chez les pilotes d'avions à réaction). Certains auteurs, LINDHARD en particulier, ont montré qu'après le travail une forte consommation d'oxygène persistait encore longtemps.

Il faut aussi parler, en utilisant une expression volontairement imprécise, de la tension nerveuse du pilote qui apparaît au cours de la période d'apprentissage, du vol dans les nuages et du vol en formation, de la surveillance du ciel, de l'incertitude des conditions météorologiques et, chez les pilotes d'avions à réaction, du souci de la réserve en carburant.

Certains facteurs psychologiques et physiopathologiques peuvent aussi intervenir : émotions diverses au cours du voyage provoquant des chocs neuro-végétatifs et endocriniens, peur, connaissance d'accidents survenus à d'autres pilotes, solitude, déficience de la forme physique, âge, maladies. Tous ces facteurs diminuent la résistance de l'individu à la fatigue. La nourriture joue aussi un rôle lorsque l'alimentation est défectueuse ou que le vol a lieu en période de digestion ou à jeûn (hypoglycémie).

Tels sont en général les facteurs déterminant la fatigue; quelles en sont maintenant les manifestations cliniques ?

La fatigue aiguë, passagère et facilement curable par le sommeil et le repos ne présente que peu d'intérêt clinique, aussi envisagerons-nous spécialement la fatigue chronique que quelques auteurs ont appelé surmenage. On

peut l'envisager avec GRANDPIERRE sous deux formes : la fatigue du temps de paix et la fatigue du temps de guerre ou provoquée par des vols fréquents sur avion rapide.

En temps de paix, il s'agit d'un pilote qui vole trop et que l'on dépiste au Centre d'examen médical du personnel navigant par l'examen qui a révélé un amaigrissement mais aussi parfois une augmentation pondérale, des troubles circulatoires, une hyposystolie avec pincement de la différentielle par augmentation de la minima, un pouls petit, rapide et irrégulier. On a pu noter en outre des modifications de l'équilibre neuro-végétatif, une baisse de l'acuité visuelle et auditive. L'interrogatoire aura mis en évidence des troubles digestifs (dyspepsie, ballonnement, diarrhée, vomissements), des troubles nerveux (insomnie ou hypersomnie, le sommeil n'est plus réparateur), des sudations faciles au moindre mouvement, des céphalées, des tremblements, de la maladresse, une incoordination des mouvements, des troubles subjectifs (asthénie importante, fatigabilité rapide à l'effort musculaire).

En temps de guerre ou après des vols fréquents sur avion rapide on constate surtout des troubles psychiques caractérisés par des troubles du comportement (irritabilité, colères injustifiées, hostilité). Le pilote s'isole et s'adonne à la boisson ou au contraire cesse complètement de boire. On peut observer en outre un syndrome dépressif avec auto-accusation, idées d'auto-destruction et obsession, des troubles du jugement et de la mémoire, des troubles du sommeil (insomnie ou sommeil extrêmement agité, peuplé de cauchemars). L'examen révèle également des troubles digestifs semblables à ceux énoncés plus haut, des troubles circulatoires (pouls rapide, instabilité tensionnelle ou hypertension légère).

Devant un tel ensemble de faits, il apparaît donc important de dépister la fatigue le plus tôt possible, c'est-à-dire avant que les manifestations pathologiques trop gra-

ves et, par conséquent, génératrices d'accidents, ne surgissent.

En outre, comme nous pouvons le constater — et c'est l'opinion de tous les auteurs qui ont étudié la fatigue de l'aviateur — le problème est rendu extrêmement complexe par la multiplicité des causes et des formes de cette fatigue. Il importe donc d'interroger de façon extrêmement approfondie l'ensemble psycho-somatique de l'individu.

La mise en jeu du système surrénal cortico-sécréteur, par l'anoxémie, a conduit certains auteurs à pratiquer des dosages des 17 cétostéroïdes urinaires.

Des essais de dosage de la fatigue musculaire ont aussi été réalisés à l'aide du test de Donaggio : modifications urinaires par précipitation de thionine en présence de molybdate d'ammoniaque.

On a recherché les modifications du tracé électrocardiographique : extrasystoles, augmentation de l'onde T, déviation progressive de l'axe électrique du cœur vers la gauche.

Le test au CO_2 de Santenoise et Grandpierre a permis de constater une hypoexcitabilité des centres respiratoires chez les pilotes fatigués.

De nombreux autres tests ont été utilisés, mais tous présentent le grave inconvénient, à notre avis, de ne pas interroger le psychisme des sujets qui y sont soumis. Il est évident que ce problème comporte beaucoup de difficultés, mais de même que dans l'étude de la fatigue on ne peut dissocier le psychisme du soma, de même, il faudrait pouvoir tester cet ensemble psychosomatique dans son entier. Il s'agissait de trouver un test simple et facile à exécuter, ne requerrant pas une aptitude physique ou psychique spéciale. En outre, il ne devait pas fatiguer le sujet. Nous avons pensé qu'un test psychomoteur — et c'est du *tapping-test* dont nous voulons parler — pouvait contribuer, dans le cadre d'un ensemble de tests compre-

nant des épreuves d'exploration fonctionnelle et des examens de laboratoire, à donner des résultats intéressants dans la détermination de la fatigue du personnel navigant. Il est bien évident, en effet, qu'on ne saurait songer à utiliser un seul test pour résoudre un problème aussi important, dont la composante psychique n'est pas la plus facile à fixer.

CHAPITRE PREMIER

TRAVAUX ANTERIEURS

C'est Von Kries (46) en 1886, qui le premier étudia la vitesse de répétition du mouvement volontaire et sa mise en évidence de façon pratique. Par la suite, les auteurs se sont efforcés de mesurer une capacité motrice de base et en particulier de trouver un test comportant un mouvement simple à exécuter, donc facile. En outre, ce mouvement devait être fondamental, d'un caractère naturel et aisément mesurable.

Il serait peu intéressant de passer en revue les travaux antérieurs d'un point de vue purement chronologique, car de nombreux auteurs, à des périodes différentes, ont utilisé le même appareil ou le même protocole expérimental : nous nous proposons donc d'étudier tout d'abord les appareils employés jusqu'à ce jour. Nous verrons ensuite quelles ont été les techniques employées par les différents chercheurs dans la conduite de ce test.

1° **Appareillage** :

Les appareils utilisés par les auteurs comprennent d'une façon générale :

— des instruments de manipulation,
— des instruments d'enregistrement,
— des instruments de mesure du temps.

a) *Instruments de manipulation.*

La technique de Von Kries consistait à attacher un fil électrique autour du doigt du sujet testé et à lui demander de taper le plus rapidement possible sur une plaque métallique. A. Binet et Vaschide (6), Frantz (18), Burt et Moore (13) utilisèrent la méthode des points marqués au crayon sur un papier blanc. Abelson (1) et Burt (13) la modifièrent en faisant marquer les points avec un stylet sur du papier noir. Enfin, Kirkpatrick (31) et Frantz remplacèrent les points par de petites lignes verticales. Cependant, les appareils le plus couramment utilisés ont été la clef télégraphique et la planchette de manipulation (tapping-board). La planchette de manipulation décrite par Whipple (52) a été utilisée également par Hollingworth (24), Marsh (37) et Wooley (58). Le sujet, muni muni d'un stylet relié à un fil électrique, établissait le contact chaque fois qu'il touchait la planchette métallique.

Divers procédés furent imaginés en ce qui concerne la clef télégraphique. Scripture et Moore (38) se servaient d'un appareil comportant des glissières dans lesquelles le sujet plaçait le pouce et l'index, la première était fixe, la deuxième mobile. Trace (45) s'est servi d'une clef à grande inertie manipulée avec le pouce et l'index.

La méthode de Benedict, Miles, Roth et Smith (3) était identique, mais en outre les mouvements du sujet étaient directement enregistrés sur un tambour rotatif au moyen d'un stylet inscripteur attaché au doigt.

Johnson (8) inventa une clef en forme de triangle équilatéral et dont chaque côté mesurait vingt centimètres. Les sujets frappaient successivement à chacun des angles de cette clef.

On a fait des études comparatives sur les mérites respectifs de ces deux procédés. Ream (39) signale une expérience pratique sur seize sujets (neuf hommes et sept

femmes) avec les deux appareils. Chaque individu effectuait dix essais, cinq avec chacune des deux méthodes. Ses résultats ont montré que la clef télégraphique permettait de manipuler à une vitesse maxima beaucoup plus grande que la planchette.

D'autre part, plusieurs objections furent faites au procédé du tapping-board : l'amplitude des mouvements de montée et de descente de la main du sujet ne permet pas une manipulation régulière; certains individus, en dépit de toutes les précautions de l'expérimentateur, effectuent en effet des mouvements d'une amplitude trop grande, ce qui nuit à l'obtention du nombre maximum de frappes. Une autre source d'erreur provient du mouvement de grattage sur la planchette : une frappe très légère ne sera pas enregistrée.

Ream, par la suite, n'utilisa plus que la clef télégraphique. Il chercha alors à déterminer la valeur qu'il devait donner à l'amplitude de la manipulation et à la résistance de l'appareil. Son choix s'est porté sur une amplitude de un millimètre et une résistance de 100 grammes.

Cette amplitude de un millimètre n'a pas été adoptée par tous les auteurs. Certains ont utilisé une amplitude de trois millimètres, d'autres sept millimètres, mais il semble que la distance la plus communément employée soit trois millimètres.

b) *Instruments d'enregistrement.*

Deux méthodes ont été employées : l'enregistrement graphique et le compteur mécanique ou électrique.

Les auteurs suivants se sont servis de l'enregistrement graphique, habituellement avec un tambour enduit au noir de fumée : Whipple (52), Johnson (28), Woodworth (56), Smith (31), Dresslar (16), Moore (38), Kohnky (33), Wells (49), Bingham (8) et Bededict, Miles, Roth et Smith (3).

Bickersteth (4), Bolton (10), Thompson (14), Kelly (29) et Gilbert (19) ont utilisé le compteur mécanique.

Hollingworth (24), Davis (15), Link (34), Marsh (37) et Bagley (2) employèrent le compteur électrique.

La méthode graphique présente incontestablement de multiples avantages. C'est la seule qui permette d'étudier les intervalles de temps qui séparent chaque frappe, et, par conséquent, de mesurer la régularité de la manipulation.

Cependant cette méthode offre aussi des inconvénients. En particulier la lecture de l'enregistremnt par ce procédé est laborieuse; elle limite par conséquent son emploi au seul laboratoire.

c) *Instruments de mesure du temps.*

Ici encore l'enregistrement graphique et la méthode du compteur séparent les auteurs.

Chez les premiers, Moore, Seashore et Johnson ont employé un diapason de cent vibrations doubles en connexion avec l'enregistreur graphique. C'est certainement la méthode la plus précise. Elle est d'une réelle valeur lorsqu'on veut étudier la durée d'une seule frappe, mais elle est manifestement trop incommode lorsque la durée de la manipulation est supérieure ou égale à cinq secondes, ce qui arrive le plus souvent.

Whipple s'est servi d'un balancier battant la seconde. Miles, Roth et Smith ont utilisé un pendule de Seth-Thomas qui divise la période de manipulation en tranches de deux secondes.

Chez les seconds, Wooley et Woodworth utilisèrent un chronomètre et Davis une montre ordinaire. Ce sont évidemment des méthodes imprécises. Beaucoup d'expérimentateurs ne font aucune mention des moyens de mesure du temps.

2° **Technique d'expérimentation :**

a) *Différents types de mouvements et positions de l'appareil pendant l'exercice.*

On a utilisé de nombreux types de mouvements dans la manipulation du tapping-test. Certains auteurs sont même allés jusqu'à se servir des articulations du pied et du gros orteil. La plupart des articulations du bras ont été soumises à l'expérimentation : Kelly a employé l'articulation de l'épaule. A. Binet et Courtier (5) ont utilisé les mouvements de l'avant-bras et ont affirmé qu'ils étaient plus rapides que ceux des doigts ou de tout le bras. En outre, ils pensent que c'est le mouvement le plus naturel. Dresslar, A. Binet et Vaschide, Wooley ont préconisé la fixation de l'avant-bras sur un support, de manière à réduire autant que possible le mouvement à la seule articulation du poignet. Bolton, Moore et Benedict, Miles, Roth et Smith se sont uniquement servis du mouvement de l'index. Pour cela il fallait attacher l'avant-bras et le poignet à la table avec des courroies. Bryan (12) a fait une étude comparative de la vitesse de manipulation avec toutes les articulations du membre supérieur : le coude et le poignet ont donné les meilleurs résultats. Kelly a montré que le test exécuté avec l'avant-bras était plus rapide qu'avec l'index, dans la proportion de 15 à 13. Ce mouvement a donc été adopté d'une façon quasi-unanime.

D'un autre côté l'expérience a montré que la position horizontale était la meilleure, à condition de placer l'appareil à environ soixante-dix centimètres du sol. Toutefois, jusqu'à maintenant c'est le mouvement vertical qui a été le plus souvent employé, car il présenterait l'avantage psychologique de mieux fixer l'attention.

Selon Gilbert, lorsque le bras est libre de toute attache, la cadence de tapping est beaucoup plus rapide et d'une façon générale tous les sujets expriment leur préférence pour la manipulation avec le bras libre.

Bagley a utilisé une méthode dans laquelle le sujet effectue une sorte de trémulation (« trilling ») avec un manipulateur de morse. Mais Ream a objecté que cette trémulation, qui représente en somme ce que les pianistes appellent les trilles, varie beaucoup avec les individus. En effet, les pianistes entraînés obtiendront de meilleurs résultats que les autres personnes.

On a également pratiqué le test en tenant le manipulateur entre le pouce et l'index, mais il semble que la méthode qui ait donné les résultats les plus satisfaisants soit celle qui consiste à tapper en laissant toujours l'index en contact avec le manipulateur.

b) *Durée de la période de manipulation.*

Ici nous nous trouvons devant un grand choix de méthodes. Bolton a choisi 5 secondes, Davis 8 secondes mais il n'enregistrait que les 5 dernières; Smith 10 secondes; Smith 8 secondes, Abelson, Kirkpatrik, Benedict, Miles, Roth et Smith 10 secondes; English, Burt et Moore 15 secondes; Wells 20 secondes; Gilbert 45 secondes; Kelly, Link et Bickersteth 60 secondes; Thompson 2 minutes. Quant à Moore, il a poursuivi l'expérience jusqu'à ce que le sujet ne puisse plus effectuer le test.

D'autres expérimentateurs ont enregistré le temps au lieu du nombre de frappes. Marsh a noté la durée du test pour 100 frappes, Dresslar pour 300, Hollingworth pour 500.

Seashore a mesuré le mouvement complet du sujet au 1/100e de seconde. Il faisait un enregistrement après 7 secondes de manipulation.

Les chiffres de Wells, pour une durée de manipulation égale à 30 secondes, montrent une décroissance continue de la vitesse, les cinq premières secondes étant les plus rapides et les cinq dernières les plus lentes.

Davis a noté que sur de longues séries de frappes il y

avait des maxima de rapidité suivis chaque fois d'un ralentissement.

c) *Nombre optimum d'épreuves.*

Sauf Ream (25 épreuves), aucun auteur n'a enregistré plus de cinq épreuves. Wells et Bolton 5, English 4, précédées d'un entraînement de 10 secondes. Bagley, Benedict, Miles, Roth et Smith en faisaient faire 3 et Smith seulement 2.

Cependant, Ream a montré dans une étude expérimentale très poussée que les sujets n'atteignaient pas leur vitesse maximum de manipulation en cinq épreuves. Une période, dite d'échauffement initial, semble être nécessaire. Les résultats de cet auteur, qui portent sur 27 épreuves dont deux réservées à l'entraînement, montrent que la fatigue n'agit pas de façon notable pendant les 25 épreuves successives lorsque la durée de manipulation n'excède pas cinq secondes.

3° **Sources d'erreur dans le tapping-test :**

Une contracture soudaine du bras, une sorte de paralysie momentanée interdisant tout mouvement de manipulation, interrompt quelquefois l'exercice. On peut souvent éviter ces arrêts en empêchant le sujet de manipuler avec trop de force ou en lui demandant de ne pas trop se contracter.

Smith a attiré l'attention sur la trémulation et a considéré sa vitesse comme différente de la rapidité du mouvement volontaire. Il faut que le sujet ait conscience que des mouvements distincts ascendants et descendants de l'avant-bras sont nécessaires. Retirer la main de la clef entre chaque frappe constitue une mauvaise manipulation, de même qu'essayer de manipuler alternativement avec l'index et le médius.

Des facteurs subjectifs diminuent la valeur des résultats : nouveauté de l'appareil, attitude contractée du sujet, inattention (surtout chez les enfants), refus de faire l'effort

voulu pour arriver à une vitesse maximum, tendance qu'ont les spécialistes radio à taper des mots ayant une signification quelconque, donnant ainsi à la manipulation une allure discontinue.

4° **Résultats expérimentaux :**

Pour Wells il est difficile d'établir quelle est la signification physiologique précise de la vitesse maximum. Il semble généralement admis que cette vitesse maximum est limité par la phase réfractaire au niveau des synapses des voies motrices et qu'une vitesse élevée de manipulation dans le tapping-test n'implique pas une supériorité dans les autres tests de vitesse motrice.

Woodworth a proposé la mesure d'un indice de dextérité basée sur le rapport qui existe entre la vitesse de manipulation de la main gauche et celle de la main droite. En étudiant les moyennes de la main gauche, puis celles de la main droite, on obtient cet indice. En moyenne, les résultats obtenus sont meilleurs lorsque la main gauche précède la main droite que lorsqu'elle la suit, comme si le travail d'une main avait un effet fatigant sur le travail de l'autre.

Les constatations expérimentales, et en particulier celles de Wells, ont montré que les résultats des premières séries de test étaient généralement les plus mauvais, tandis que les dernières séries montraient une tendance très marquée à être plus rapides. Wells a donné à ce phénomène le nom d'échauffement « intersérie ». Ce processus apparaît d'une façon bien plus évidente si l'on considère les enregistrements des sujets pris individuellement que lorsqu'on considère la moyenne de ces enregistrements. Cependant le processus est beaucoup moins frappant en ce qui concerne la main gauche qu'en ce qui concerne la main droite.

Par ailleurs Wells a constaté une décroissance progressive de la vitesse de manipulation qu'il a appelé « perte

due à la fatigue » et il a observé que l'apparition de la fatigue tend à diminuer les variations individuelles.

Vitesse moyenne et normes :

La vitesse moyenne est naturellement conditionnée dans une large mesure par la durée de la manipulation et les méthodes employées. Lorsque la vitesse de la performance est seule en cause, les vitesses moyennes suivantes ont été enregistrées : pour Dresslar 8,5 frappes/seconde, Frantz 8 frappes/seconde ; Wells trouve une moyenne de 33,5 frappes pour les cinq premières secondes d'une période de 30 secondes. Woodworth a donné comme limite supérieure 10-11 frappes par seconde, Bryan 11.

La fatigue, en tant que facteur de variabilité, commence à apparaître après un travail de 10 à 15 secondes (Bryan). La rapidité varie avec le moment de la journée, les performances de l'après-midi étant supérieures à celles du matin, ainsi que l'ont noté Dresslar, Hollingworth, Marsh et Stetcher. C'est dans les derniers moments de la soirée que la manipulation est la plus rapide. Elle se traduit selon Johnson et Raif par un accroissement dans la régularité de manipulation plutôt que par une augmentation de la vitesse. Dresslar pensait qu'au bout de trois jours l'entraînement n'avait plus d'influence sur cette vitesse. Par contre, Wells a établi que la courbe d'entraînement croissait très régulièrement et variait légèrement avec chaque jour.

Davis pense que l'influence de l'entraînement est plutôt d'origine centrale que périphérique. Il s'agirait selon lui d'un meilleur rendement des centres moteurs, d'un accroissement de la force de volonté et d'une concentration de l'attention pendant la durée de la manipulation.

Dresslar a noté en outre que le travail intellectuel précédant immédiatement le test provoquait une augmentation de la vitesse de manipulation et qu'un effort physique important (une marche forcée par exemple) entraînait une diminution. Wells a établi également qu'une vitesse de

manipulation élevée n'était pas toujours en corrélation avec le tempérament de l'individu. La rapidité motrice volontaire dépend aussi du pouvoir de coordination, des habitudes musculaires, de l'entraînement et du milieu extérieur. Mais les différences de vitesse entre les sujets ne peuvent être entièrement expliquées par ces facteurs. Chaque individu a un comportement moteur qui lui est propre. L'un est rapide, l'autre lent. Le principal facteur de différenciation dans ce test semble être une facilitation physiologique héréditaire des voies nerveuses (Ream).

Facteurs subjectifs influant sur la vitesse et la régularité de la performance :

Johnson a mis en évidence divers facteurs subjectifs qui influent sur la vitesse d'exécution du test : condition physique, rapidité des battements du cœur, température du corps, pouvoir de fixation de l'attention et influence de l'émulation.

Wells a noté un accroissement de la vitesse de manipulation en fonction des conditions physiques. Toutefois, Ream pense qu'il n'y a aucun rapport entre l'idée que le sujet peut avoir de sa forme physique et sa vitesse de manipulation. Davis a, lui aussi, minimisé l'influnce du tonus physique général.

Différences suivant l'âge et le sexe :

Bolton, Gilbert, Bryan, Smith et Bickersteth ont noté que la vitesse de frappe augmente régulièrement entre 6 et 19 ans. Cet accroissement de la vitesse motrice est moins marqué chez les enfants d'un âge mental inférieur à la moyenne. Pour Gilbert, l'augmentation de la vitesse de manipulation avec l'âge subirait un arrêt entre 13 et 14 ans qui serait en rapport, selon lui, avec la puberté.

En ce qui concerne les variations avec le sexe, les expérimentateurs sont pratiquement unanimes dans leurs conclusions ; les hommes sont plus rapides que les femmes

et les garçons que les filles. Toutefois, pour ces dernières, les opinions semblent quelque peu divergentes : pour Bolton les filles seraient supérieures aux garçons à 8 et 9 ans, pour Gilbert ce serait de 6 à 8 ans. Bryan a noté que les filles obtenaient un meilleur résultat vers l'âge de 13 ans.

Les enregistrements de Burt et Moore montrent que 68 p. cent des garçons dépassent le résultat moyen chez les filles. Thompson a trouvé que 88,8 p. cent des hommes étaient supérieurs à la moyenne des femmes.

Wells a remarqué que les enregistrements des femmes subissaient moins de variations que ceux des hommes lorsque le test était prolongé jusqu'à une grande fatigue. Mais les recherches de Ream n'ont pas confirmé une telle conclusion.

Influence de certains états pathologiques :

W. G. Smith a montré que des épileptiques se classaient parmi les sujets ayant une grande vitesse de manipulation. De son côté, Bolton révèle que les enfants débiles mentaux sont généralement inférieurs à la moyenne des autres enfants dans la pratique du tapping-test.

Influence de l'hypoxémie et de l'hyperventilation :

Scow, Krasno et Ivy ont comparé les résultats obtenus en faisant pratiquer le test au sol et à 18.000 pieds, sans oxygène. Ils notent une diminution de la vitesse de manipulation.

Mais ces auteurs n'ont pas constaté après la période d'hyperventilation de diminution dans le rendement des sujets. Ils signalent en outre que le retour à la normale se faisait rapidement.

Par ailleurs, l'effet de la dépression atmosphérique semble négligeable puisque, — toujours selon Scow, Krasno et Ivy — le séjour à 35.000 pieds en respirant 100 p. cent

d'oxygène n'a pas mis en évidence de diminution de l'activité psychomotrice.

Action de certaines substances :

1° *Influence de la caféïne.*

Hollingworth (23) a observé une augmentation de la vitesse maximum de manipulation parfois précédée d'ailleurs par une légère diminution. L'effet apparaît encore 45 et 90 minutes après l'administration de caféïne, avec une période de latence plus longue lorsque les doses sont prises en même temps que la nourriture. L'effet persiste pendant une à deux heures pour des doses allant de 64,8 et 194,4 mg et dure jusqu'à quatre heures et demie pour une dose de 388,8 mg. L'auteur n'a pas observé d'effet secondaire ni d'effet à retardement.

2° *Influence du tabac.*

Hull (27) n'a pas constaté d'effet constant sur la vitesse de manipulation.

3° *Influence de l'alcool.*

Hollingworth (26) a constaté une diminution de la vitesse de manipulation après absorption d'alcool.

CHAPITRE II

EXPERIMENTATION PERSONNELLE

La lecture des travaux entrepris par de nombreux auteurs nous a permis de concevoir un appareil et un protocole expérimental convenant à l'étude que nous avons entreprise. L'appareillage définitif a été réalisé dans son ensemble par le capitaine Brice, du Centre d'Etudes de Biologie Aéronautique de Paris, suivant les conseils du médecin-commandant Olsen et les quelques suggestions que nous avons pu apporter.

A. - Appareillage :

L'appareil que nous avons utilisé comprenait trois parties distinctes :

— 1° Un manipulateur,
— 2° Un enregistreur d'impulsion,
— 3° Un inscripteur,

ainsi que les liaisons électriques nécessaires pour le branchement entre les différents éléments.

1° Le *manipulateur* est monté sur un socle métallique lourd, assurant une bonne stabilité de l'ensemble. Il est électriquement isolé de ce dernier par une plaque de bakélite.

Il se compose d'une clef genre télégraphique munie d'un levier et d'une large touche de manipulation sur laquelle nous avons fait pratiquer des stries afin que l'index du

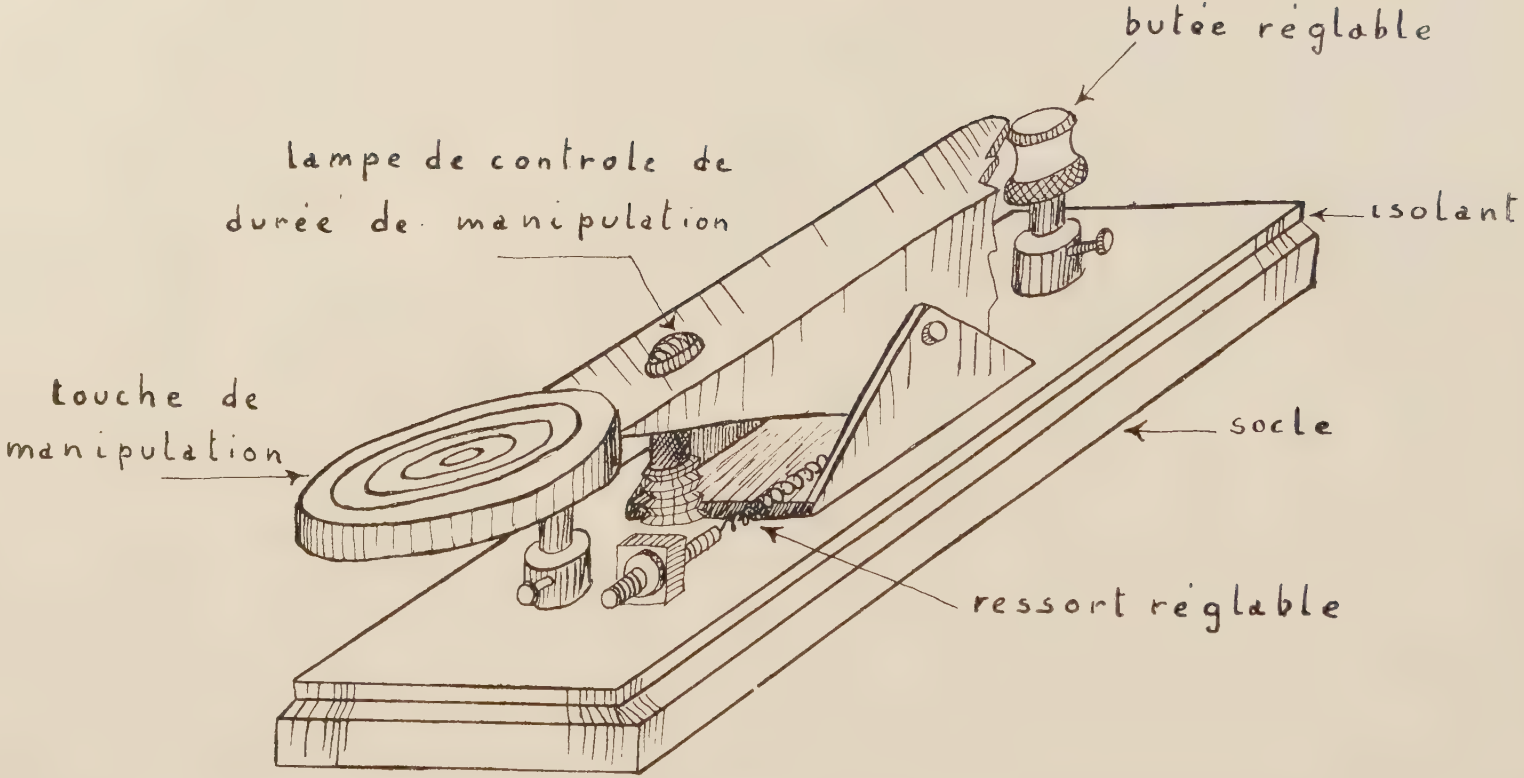

butée réglable
lampe de controle de
durée de manipulation
isolant
touche de
manipulation
socle
ressort réglable

Schéma I.

sujet ne glisse pas pendant le test. Cette clef est axée aux deux tiers sur un support en U. Elle comprend en outre deux butées réglables fixées sur le socle en avant et en arrière, qui permettent de régler l'amplitude de la manipulation. Celle-ci, d'ailleurs, a été fixée une fois pour toutes à 3 mm. 5 après bien des recherches.

La touche de manipulation est maintenue en position haute par un ressort à tension réglable. Cette tension est telle qu'il faut appliquer une force de cent grammes pour établir le contact. Dans cette position, le circuit électrique est ouvert et aucun courant ne passe dans l'enregistreur d'impulsion. En abaissant la clef, le sujet met en contact deux vis platinées ; le circuit est ainsi fermé et l'impulsion communiquée transmise au totalisateur.

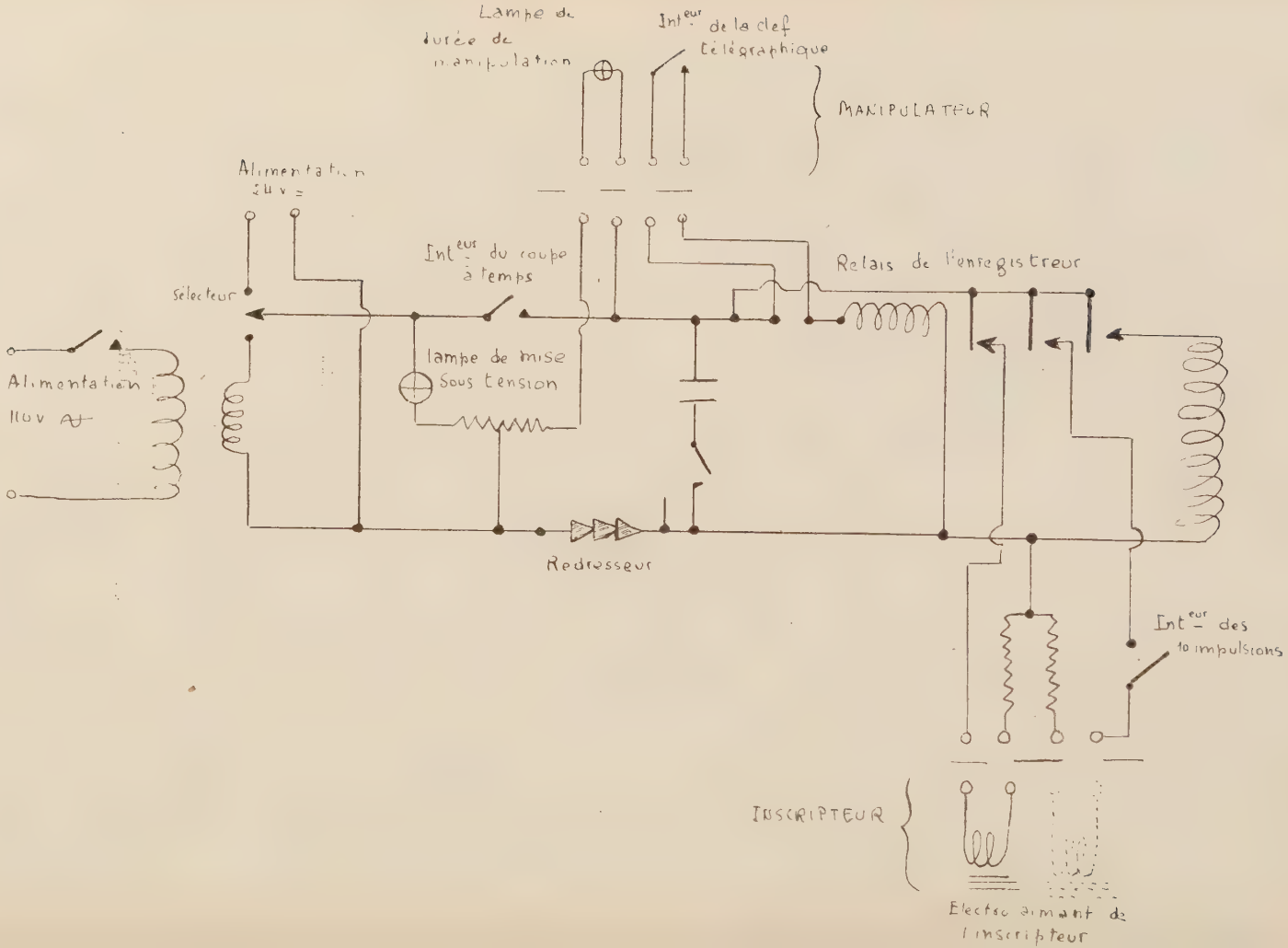
Le manipulateur comprend en outre une lampe qui s'allume au début de la manipulation et reste allumée pendant toute la durée de l'enregistrement.

2° *L'enregistreur d'impulsions* se compose d'un coffret en bois à la partie supérieure duquel se trouve :

a) le *chronomètre* dit « *coupe à temps* » (type Cerf). Il se compose d'un mécanisme d'horlogerie commandant un interrupteur qui se ferme et laisse ainsi passer le courant dès que l'on enfonce un bouton-poussoir. Il s'ouvre après le temps en secondes indiqué par l'index d'affichage du temps situé sur le cadran de l'appareil.

b) Le *totalisateur* est un organe électro-mécanique enregistrant les impulsions transmises par le manipulateur durant tout le temps affiché au chronomètre coupe à temps. Il comporte un poussoir de retour à zéro et sur les côtés des prises de courant pour le branchement de l'inscripteur avec enregistrement toutes les impulsions ou toutes les dix impulsions.

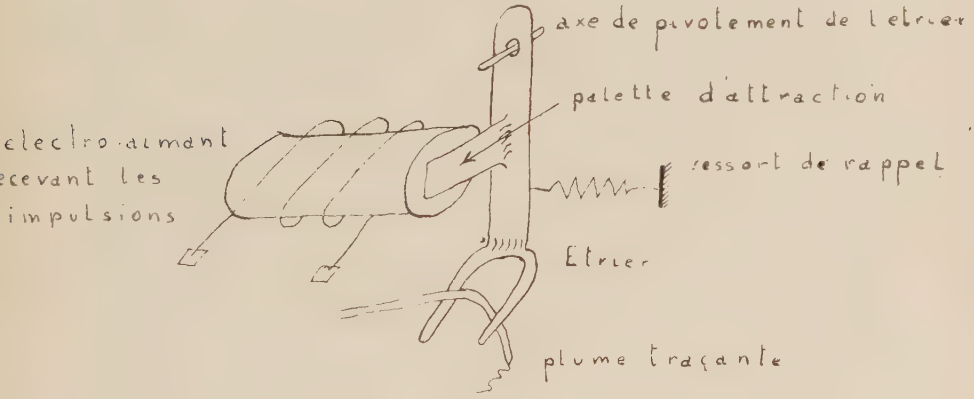
c) L'nterrupteur général et la lampe témoin de mise sous tension, les prises de courant d'alimentation 110 volts et 24 volts avec leur sélecteur, ainsi que les prises de branchement du manipulateur.


Lampe de durée de manipulation
Int^eur de la clef télégraphique
MANIPULATEUR
Alimentation 2uv =
Int^eurs du coupe à temps
Relais de l'enregistreur
Sélecteur
Alimentation 110v A~
lampe de mise sous tension
Redresseur
Int^eur des 10 impulsions
INSCRIPTEUR
Electro aimant de l'inscripteur

A l'intérieur du coffret se trouvent le transformateur, le redresseur et les câblages des différents organes énumérés ci-dessus.

L'alimentation de cet appareil peut être effectué indifféremment à l'aide d'une source de courant en 110 volts alternatif ou en 24 volts continu (pour les essais en vol). Cette double alimentation a nécessité l'inclusion dans le branchement électrique d'un transformateur 110-24 volts et d'un redresseur de courant.

3° L'*inscripteur*. C'est un polygraphe de Boulitte modifié à l'aide d'un étrier guide-plume par un électro-aimant qui est alimenté par les impulsions du manipulateur. Celles-ci lui sont transmises par l'intermédiaire de l'enregistreur d'impulsions toutes les impulsions ou toutes les dix impulsions suivant le branchement effectué.



Inscripteur

Schéma III.

B. - **Technique :**

Avant d'exposer les instructions à donner aux sujets, il faut insister sur le fait que ce test, par sa nature psycho-

motrice, pose un problème psychologique important : celui de la coopération pleine et entière du sujet, faute de quoi les mesures obtenues seront nécessairement entachées d'erreur et leur interprétation parfaitement erronée. Il faut donc demander au sujet de manipuler le plus rapidement possible sans se soucier du rythme ou de la signification qu'il pourrait donner à la manipulation (cette dernière remarque s'adresse particulièrement aux radio-navigants).

L'appareil est placé sur une table située à 70 centimètres du sol, distance qui est constante pour tous les examens pratiqués. Le sujet est assis sur un siège (chaise ou tabouret) dont la hauteur est fixée à l'avance une fois pour toutes. On lui demande de se placer dans la position qui lui paraît la plus confortable de telle façon qu'aucune gêne ne soit apportée dans l'accomplissement du test. Nous pensons d'autre part qu'il est important que le sujet soit seul dans la pièce avec l'opérateur pour éliminer toute influence extérieure de quelque nature que ce soit.

Ces conditions remplies, on demande au sujet de manipuler avec l'index de la main la plus habile. Les conclusions de nombreux auteurs et nos recherches personnelles nous ont montré en effet que l'index était le doigt avec lequel on obtenait les meilleurs résultats quant à la rapidité d'exécution du test. En outre, la pulpe du doigt ne doit pas quitter la touche de manipulation. Le sujet est laissé entièrement libre d'effectuer le test de la façon qu'il juge la meilleure, c'est-à-dire qu'il peut ne mettre en jeu qu'une articulation (la métacarpo-phalangienne le plus souvent) ou au contraire toutes les articulations du membre supérieur. Toutefois, on ne doit pas lui permettre de reposer l'avant-bras correspondant à la main manipulatrice sur la table où se trouve l'appareil. Au cours de nos expériences, nous avons essayé — comme le recommandaient certains auteurs (A. Binet) — de maintenir l'avant-bras fixé par un appareil de contention de façon à réduire le mouvement aux seules articulations de la main et du

poignet. Nous avons même utilisé à cet effet une partie de l'ergographe de Mosso légèrement modifié. Mais il nous est rapidement apparu que cette technique se révélait trop fatigante, ajoutant ainsi à la fatigue du sujet testé, et qu'elle ne correspondait pas exactement à l'obtention d'une vitesse maximum de répétition du mouvement volontaire.

Dans le but de familiariser le sujet avec la pratique du test, il est procédé à deux essais préliminaires d'une durée de une minute chacun ; ce nombre n'a pas été fixé arbitrairement, mais il découle de recherches effectuées par plusieurs auteurs et aussi de nos propres constatations. On ménage un intervalle de repos de deux minutes trente secondes entre chaque essai, de manière à ce que le sujet n'éprouve aucune fatigue. Les deux essais préliminaires ont, en outre, pour but de supprimer dans une certaine mesure les effets de l'entraînemnt, car nous avons pu constater la faible influence de ce dernier sur le nombre de frappes obtenues, le sujet arrivant très rapidement à un rendement maximum qu'il ne peut dépasser que dans certaines occasions.

Nous avons définitivement arrêté la durée totale du test à une minute, car nous pouvions ainsi noter les nombres de frappes à quinze secondes, trente secondes et quarante-cinq secondes et voir à quel moment pouvait apparaître une fatigue inhérente au test lui-même.

Donc, après avoir remis le compteur à zéro et réglé le chronomètre « coupe à temps » sur une minute, le signal de départ est donné par la petite lampe située au-dessus de l'appareil qui s'allume au moment où l'on enfonce le bouton-poussoir de l'interrupteur. Afin de mettre en évidence d'une façon précise la régularité du rythme de manipulation, nous avons été amenés à adjoindre au système d'enregistrement déjà existant le polygraphe dont la description a été donnée plus haut.

Nous avons choisi le matin comme moment de la journée le plus favorable au test et à la détermination du chif-

fre moyen de chaque sujet, de manière à éliminer tous les facteurs extérieurs qui pourraient introduire des sources d'erreur et nuire à la fidélité des résultats. Il est bien entendu, d'autre part, que les tests pour un même individu doivent se faire à heure fixe en admettant toutefois une variation en plus ou en moins d'une demi-heure, à moins qu'il ne s'agisse de tests effectués après le vol.

Nos expérimentations peuvent être divisées en trois parties :

— Tests au laboratoire,

— Tests aux Centres d'Examen Médical du Personnel Navigant de Bordeaux et Paris,

— Tests sur une base aérienne.

De ce fait, nous avons été amenés à établir un protocole expérimental un peu différent, les conditions dans lesquelles nous travaillons n'étant pas les mêmes.

a) Au *laboratoire*, nous nous sommes proposés de vérifier certaines hypothèses et certains travaux relatifs à l'influence du travail musculaire et du travail intellectuel. Des tests ont donc été effectués après un effort portant sur les membres supérieurs (il s'agissait d'une série de vingt tractions effectuées sur un extenseur) et nous avons noté les résultats avant et après l'effort. Nous devons signaler que cette expérimentation a été pratiquée sur une période de quarante-cinq secondes.

D'autres tests ont eu lieu après une séance d'ergocycle d'une durée de dix minutes, dans laquelle on demandait aux sujets de maintenir une vitesse fictive de vingt-cinq kilomètres à l'heure. Les chiffres exposés plus loin ont été établis avant l'effort, cinq minutes et trente minutes après.

En ce qui concerne le travail intellectuel, nous nous sommes adressés aux médecins, aux pharmaciens et au personnel de laboratoire du Centre d'Etudes de Biologie Aéronautique, en comparant les résultats pris au début et en fin de journée. (C'est la seule fois où nous avons été ame-

nés à prendre en considération d'autres chiffres que ceux du matin). Là encore la période de manipulation n'a duré que quarante-cinq secondes. De plus, nous avons essayé de retrouver les résultats de Scow, Krasno et Ivy (40) sur l'influence de l'anoxémie. Ces expérimentations ont eu lieu dans le caisson à dépression du Centre d'Etudes de Biologie Aéronautique le matin, à heure fixe (9 h. 30). Nous avons procédé de la façon suivante : les sujets ont été soumis à un premier test au sol. Après une montée jusqu'à 4.000 mètres, à dix mètres par seconde, nous avons fait faire des tests pendant un palier de cinq minutes. La montée a été poursuivie jusqu'à 5.000 mètres, toujours à la même vitesse. La durée du palier à 5.000 mètres était de vingt minutes. Les résultats ont été notés au début et en fin du palier. A la fin du palier, les sujets ont mis leur masque à oxygène et la descente s'est effectuée à la vitesse de cinq mètres par seconde jusqu'à 3.000 mètres, où un court palier de cinq minutes nous a permis de tester à nouveau les individus. Enfin, nous avons fait une dernière expérimentation au niveau zéro.

b) Aux *Centres d'Examen Médical du Personnel Navigant* nous ne pouvions voir les sujets qu'une seule fois. Les tests effectués étaient surtout destinés à permettre une étude comparative de la valeur moyenne des individus — sains et fatigués. Nous pensions ainsi pouvoir établir d'intéressantes corrélations entre le tapping-test et les données de l'examen clinique. Ces tests avaient lieu le matin entre 9 heures et 12 heures, c'est-à-dire au cours de la visite médicale. Nous avons pensé, en outre, qu'il serait intéressant d'étudier l'influence de l'âge des sujets sur la vitesse maximum de répétition du mouvement volontaire.

c) Sur la *base aérienne de Cambrai* les tests étaient pratiqués le matin, entre 9 heures et 10 heures, de façon régulière, de manière à établir la vitesse moyenne de manipulation de chaque pilote, ainsi que les variations journa-

lières de cette vitesse. De plus, toutes les fois que les circonstances nous l'ont permis, nous testions les sujets après le vol, de quart d'heure en quart d'heure jusqu'à une demi-heure ou trois quarts d'heure après la descente d'avion. Cette étude avait pour but de mettre en évidence l'action de la fatigue aiguë sur la vitesse de répétition du mouvement volontaire.

RESULTATS

Lorsque nous avons décrit les techniques particulières adaptées à des conditions expérimentales différentes, nous avons adopté certaines divisions que nous reprendrons dans cet exposé. Nous verrons donc successivement :

— Les résultats au laboratoire,

— Les résultats aux Centres d'Examen Médical du Personnel Navigant,

— Les résultats sur la base aérienne.

Nous avons pensé, pour faciliter la clarté de l'exposé, qu'il serait préférable de donner, après chaque série de résultats, l'interprétation la concernant.

Une variation de 1 p. cent en plus ou en moins dans le nombre de frappes, doit être considérée comme négligeable, étant données les sources d'erreurs, dues soit à l'appareillage, soit à certains facteurs intrinsèques ou extrinsèques (inattention), et enfin dues surtout au fait qu'une variation inférieure à 1 p. cent est trop petite pour être significative comme l'expérience nous l'a montré.

1° Résultats au laboratoire :

Nous avons noté des modifications dues au travail musculaire ou intellectuel, et à l'influence de l'anoxémie.

a) *Effet du travail musculaire.*

Lorsque nous nous sommes adressés à un travail musculaire portant sur les membres supérieurs (vingt tractions

exercées sur un extenseur), nous avons pu constater les résultats suivants (Tableau I).

TABLEAU I

Influence de la fatigue musculaire portant sur les membres supérieurs.

Sujet	Avant	Après effort	Différence	Sujet	Avant	Après effort	Différence
I	327	306	— 6,8 %	IX	243	238	— 2,1 %
	335	327	— 2,4 %	X	323	321	— 0,6 %
II	291	300	+ 3,0 %		329	309	— 6,4 %
	303	297	— 2,0 %	XI	262	258	— 1,9 %
III	327	270	— 21,1 %	XII	254	281	+ 10,6 %
	332	311	— 6,7 %	XIII	244	248	+ 1,6 %
IV	328	318	— 3,1 %		250	361	+ 44,4 %
	309	331	+ 7,0 %	XIV	319	317	— 0,6 %
V	258	249	— 3,6 %	XV	291	288	— 1,0 %
	290	242	— 19,8 %	XVI	257	337	— 8,4 %
VI	281	263	— 6,4 %	XVII	290	281	— 3,2 %
	250	251	+ 0,4 %		263	293	+ 11,4 %
VII	311	335	+ 7,7 %	XVIII	232	220	— 5,4 %
	306	325	+ 6,2 %		224	235	+ 4,9 %
VIII	253	232	— 9,4 %				
	255	213	— 19,5 %				

Dans dix-huit cas sur trente nous avons pu noter une diminution de la vitesse de manipulation après l'effort, alors que dans dix seulement nous avons une augmentation.

Une deuxième série d'expérimentation a eu pour objet l'étude des variations dues à un effort physique important s'exerçant sur les membres inférieurs (séance d'ergocycle d'une durée de vingt minutes).

La tableau ci-joint nous donne les chiffres correspondant aux deux épreuves effectuées, c'est-à-dire avant le travail et cinq minutes après et avant le travail et trente minutes après (Tableau II.)

Dans le premier cas, sur 21 résultats, nous avons 11 augmentations variant de 1,6 à 12,3 p. cent et 6 diminutions de 1,3 p. cent à 9,4 p. cent. Le travail musculaire ne semble pas avoir d'influence sur quatre sujets.

Dans le deuxième cas, sur un total de 22 sujets, on note 11 augmentations variant entre 2,2 p. cent et 12,4 p. cent après l'effort et 8 diminutions de l'ordre de 1,2 à 14,2 p. cent. Chez 3 individus l'action du travail musculaire n'a pas eu de répercussion notable.

b) *Effet du travail intellectuel.*

La moyenne des chiffres obtenus nous montre en général après la journée de travail, une augmentation de la vitesse de manipulation, par rapport au chiffre du matin.

Matin	Soir	Différence
295	319	+ 5,4 p. cent
319	325	+ 1,8 p. cent
246	257	+ 4,4 p. cent
265	275	+ 3,7 p. cent
280	310	+ 10,7 p. cent

TABLEAU II

Influence de la fatigue musculaire portant sur les membres inférieurs.

Sujet	Avant	5' après	Différence	Sujet	Avant	30' après	Différence
A	367	374	+ 1,9 %	A	380	390	+ 2,6 %
	380	381	+ 0,2 %	B	386	434	+ 12,4 %
B	388	436	+ 12,3 %	C	402	352	— 11,2 %
C	367	382	+ 4 %	D	368	354	+ 3,9 %
D	329	311	- 5,7 %	E	420	405	— 3,5 %
E	423	430	+ 1,6 %	F	380	391	+ 2,8 %
F	398	398	0	G	416	416	0
G	400	408	+ 2 %	H	384	386	+ 0,5 %
H	385	380	— 1,3 %	I	422	450	+ 6,6 %
I	410	446	+ 8,7 %	J	368	376	+ 2,1 %
J	354	376	+ 6,2 %	K	379	398	+ 7,4 %
K	393	391	— 0,5 %	L	444	461	+ 3,0 %
M	418	389	— 7,4 %	M	425	417	— 1,9 %
N	375	388	+ 3,4 %	N	381	364	— 4,6 %
O	418	433	+ 3,5 %	O	410	405	— 1,2 %
P	459	477	+ 3,9 %	P	442	468	+ 5,8 %
Q	402	399	- 0,7 %	Q	390	387	— 0,7 %
R	421	445	+ 5,7 %	R	442	417	— 5,9 %
S	393	359	- 9,4 %	S	375	389	+ 3,7 %
T	463	448	— 3,3 %	T	463	474	+ 2,2 %
U	364	349	— 4,2 %	U	336	356	+ 5,9 %
				V	430	419	— 2,6 %

c) *Effet de l'anoxémie.* Tableau III.

Sur les dix sujets que nous avons passé au caisson à dépression :

A 5.000 mètres en début de palier, nous avons pu constater six diminutions de 1,0 à 9,2 p. cent, deux augmentations de 1,0 à 3,3 p. cent et deux résultats sans changement.

A 5.000 mètres en fin de palier : cinq diminutions de 1,6 à 7.7 p. cent, une augmentaion de 4,3 p. cent et quatre résultats indifférents.

A 4.000 mètres nous avons noté cinq diminutions de 2,3 à 6 p. cent et quatre augmentations de 1,8 à 3,7 p. cent, dans la vitesse de manipulation; dans un cas, le chiffre obtenu était sensiblement le même.

A 3.000 mètres, après inhalation d'oxygène et après retour au sol, nous avons pu étudier la récupération des sujets.

Les résultats ont été les suivants :

A 3.000 mètres : une diminution de 3,1 p. cent, deux augmentation de 6,7 à 8 p. cent, et quatre résultats inchangés.

Au sol : deux diminutions de 1,1 à 1,6 p. cent, six augmentations de 1,4 à 9,1 p. cent, sur huit cas.

Quelles constations devons-nous tirer d'un tel ensemble de faits ?

a) En ce qui concerne le travail musculaire nous pouvons dire que, lorsqu'il porte uniquement sur les membres supérieurs (qui sont en rapport direct avec la manipulation du tapping-test), on enregistre le plus souvent une diminution dans la vitesse maximum de frappe. Cette diminution semble en relation avec une fatigue localisée à un groupe précis de muscles.

Si nous faisons pratiquer maintenant aux sujets un exercice portant sur les membres inférieurs et entraînant par son importance une fatigue de tout l'organisme, nous constatons dans les cinq minutes qui suivent une augmen-

TABLEAU III

Action de l'anoxémie.

Sujet	au sol	4.000	Différence	5.000	Différence	5.000 fin	Différence	3 000	Différence	sol	Différence
1	391	369	— 5,9 %	187	— 9,2 %	363	— 7,7 %				
2	482	496	+ 2,9 %	358	+ 1,0 %	466	— 3.4 %			497	+ 6.6 %
3	411	396	— 3,7 %	381	— 7.4 %	377	— 8,4 %				
4	371	350	— 6 %	363	— 2,2 %	365	— 1,6 %	365	0	361	— 1,1 %
5	395	405	+ 2,5 %	407	+ 3,3 %	412	+ 4,3 %	410	— 0,4 %	418	+ 1,4 %
6	459	476	+ 3,7 %	433	— 6,0 %	458	— 0,2 %	489	+ 6,7 %	500	+ 9,1 %
7	427	411	— 3,8 %	425	— 0,4 %	429	+ 0,4 %	416	— 3,1 %	439	+ 2,3 %
8	479	468	— 2,3 %	467	— 2,5 %	467	— 2,5 %	470	+ 0,6 %	484	+ 3,6 %
9	430	432	+ 0,4 %	433	+ 0,4 %	429	— 0,2 %	464	+ 8,1 %	445	— 3,7 %
10	487	496	+ 1,8 %	482	— 1,0 %	491	+ 0,8 %	491	+ 0,6 %	483	— 1,6 %

Les pourcentages, à partir de 3.000 mètres, sont calculés par rapport à la fin du palier à 5.000 mètres.

tation de la vitesse de manipulation. Toutefois, cette augmentation semble beaucoup moins manifeste si nous reprenons les tests une demi-heure après l'effort. Ceci tendrait à prouver qu'un exercice physique ayant une répercussion sur l'individu tout entier fait apparaître immédiatement une excitation remplacée au bout d'un laps de temps variable avec les individus par une période de dépression (au moment où apparaît subjectivement la fatigue).

b) Nous avons pu nous assurer, comme l'ont montré de nombreux auteurs, que l'influence du travail intellectuel se traduisait par une augmentation de la vitesse maximum de répétition du mouvement volontaire. Ceci s'explique par l'excitation psychique causée par le dit travail.

c) Malgré le peu de sujets testés, nous pensons pouvoir dire que l'anoxémie agit sur le nombre de frappes en diminuant le plus souvent la vitesse motrice du sujet. En effet, nous voyons que dès que ceux-ci ont mis leur masque à oxygène la vitesse de manipulation subit une augmentation appréciable.

d) Dans un tout autre ordre d'idée, les enregistrements graphiques nous ont permis de constater une vitesse plus rapide en général pendant les dix premières secondes de la manipulation.

Cette vitesse diminue assez brusquement après la dixième seconde, tout en demeurant d'une régularité remarquable.

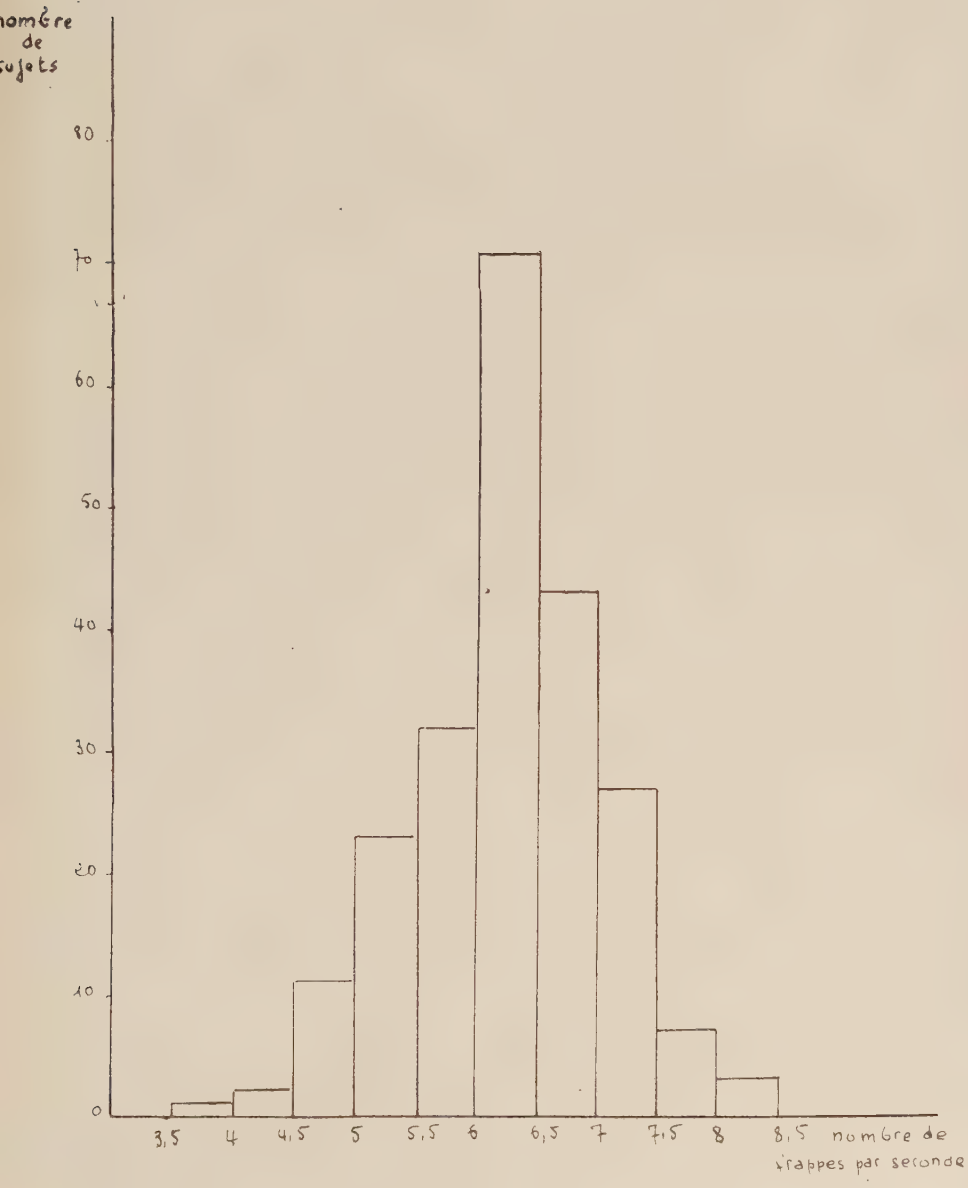
e) Il convient de remarquer aussi que les sujets testés réagissent d'une manière différente, et souvent opposée, à celle du plus grand nombre. Ceci montre que les variations individuelles sont importantes et qu'il est difficile de formuler une loi générale.

2° **Résultats obtenus aux Centres d'Examen Médical du Personnel Navigant :**

L'expérimentation a porté sur deux cent vingts sujets répartis de façon parfaitement égale entre les Centres de

Paris et de Bordeaux. Il s'agissait de membres du Personnel Navigant (pilotes, élèves-pilotes, mécaniciens-navigateurs, radios), qui, pour la plupart, venaient passer une visite d'engagement ou de contrôle.

Les résultats obtenus sont exposés dans les graphiques suivants



Graphique I.

71, soit 32,2 p. cent, ont une cadence de manipulation comprise entre 6 et 6,5 frappes-seconde.

43,	»	19,5 p. cent,	id.	6,5	et 7	»
32,	»	14,5 p. cent,	id.	5,5	et 6	»
27,	»	12,2 p. cent,	id.	7	et 7,5	»
23,	»	10,4 p. cent,	id.	5	et 5,5	»
11,	»	5 p. cent,	id.	4,5	et 5	»
7,	»	3,1 p. cent,	id.	7,5	et 8	»
3,	»	1,3 p. cent,	id.	8	et 8,5	»
2,	»	0,9 p. cent,	id.	4	et 4,5	»
1,	»	0,4 p. cent,	id.	3,5	et 4	»

Si nous classons les pilotes (au nombre de cent vingt-quatre) à part, nous obtenons les chiffres exprimés dans le graphique ci-dessous

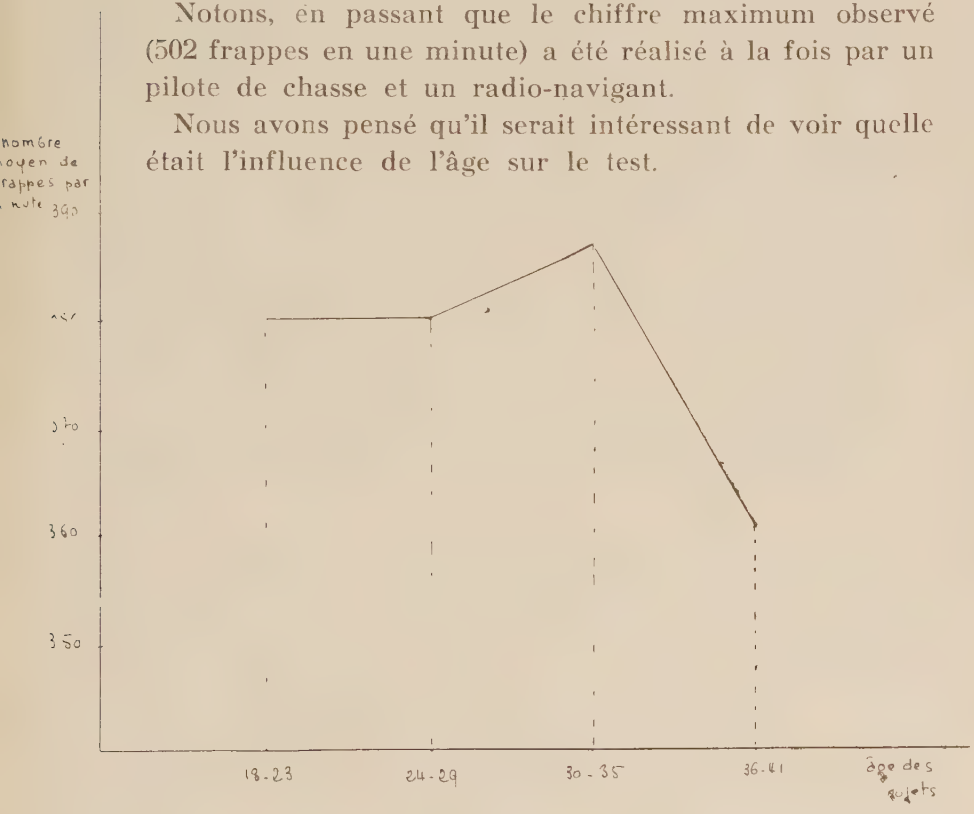
GRAPHIQUE II.

42, soit 33,8 p. cent, ont une cadence de manipulation comprise entre 6 et 6,5 frappes-seconde.
23, » 18,5 p. cent, id. 5,5 et 6 »
18, » 14,5 p. cent, id. 5 et 5,5 »
15, » 12,0 p. cent, id. 6,5 et 7 »
14. » 11,2 p. cent, id. 7 et 7,5 »
7, » 5,6 p. cent, id. 4,5 et 5 »
2, » 1,6 p. cent, id. 4 et 4,5 »
1, » 0,8 p. cent, id. 3,5 et 4 »
1, » 0,8 p. cent, id. 7,5 et 8 »
1, » 0,8 p. cent, id. 8 et 8,5 »

Les résultats nous montrent que 90,3 p. cent des sujets ont une vitesse maximum de frappes comprises entre 5, et 7,5 frappes secondes. On trouve 33,8 p. cent des pilotes entre 6, et 6,5 frappes secondes.

Notons, en passant que le chiffre maximum observé (502 frappes en une minute) a été réalisé à la fois par un pilote de chasse et un radio-navigant.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de voir quelle était l'influence de l'âge sur le test.



Graphique III.

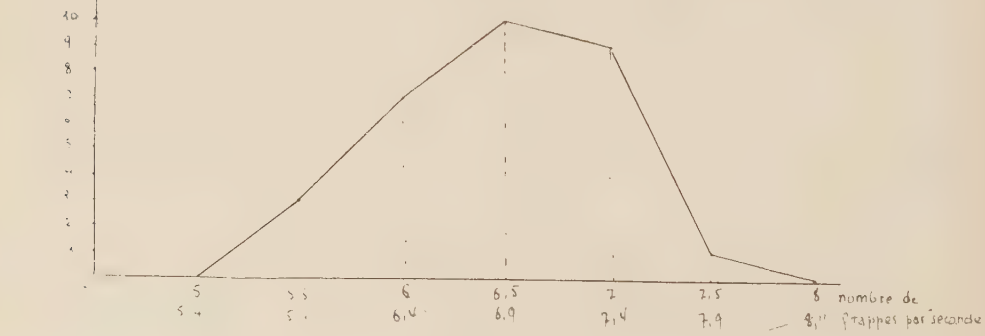
Le graphique précédent nous permet de constater que de 18 à 35 ans, il semble y avoir un accroissement de la vitesse de manipulation, puis une diminution assez importante à partir de 40 ans.

Le nombre infime de sujets convalescents d'une affection pathologique (3 cas) ne permet pas de dire, ainsi que nous l'avions envisagé, s'il existe réellement des corrélations intéressantes entre les données de l'examen clinique et les résultats du tapping-test.

3° **Résultats obtenus sur la base aérienne de Cambrai :**

L'expérimentation a duré un mois et s'est adressée aux pilotes de deux escadrons. Afin de faciliter l'exposé des résultats et rendre plus compréhensibles les remarques que nous serons amenés à faire, nous avons divisé ces pilotes de chasse en deux groupes adoptant ainsi la même répartition que sur la base. Au total, notre expérimentation a porté sur 30 sujets, soit 17 dans un escadron et 13 dans l'autre. Nous avons fait alterner jour après jour les deux groupes de telle sorte que pendant une semaine les sujets du premier groupe étaient testés les lundi, mercredi et vendredi, les autres, les mardi et jeudi. Les samedi et dimanche n'étant pas jours de vol, il était difficile de pratiquer des tests, car le nombre de pilotes restant à la base était pratiquement nul. La semaine suivante, le deuxième groupe manipulait les lundi, mercredi et vendredi, et le premier les lundi et jeudi.

Les résultats moyens sur un mois d'expérimentation sont consignés dans le graphique ci-dessous.



Graphique IV.

Nous pouvons constater que :

Dans le premier groupe nous avons la répartition suivante :

2 pilotes avec une cadence comprise entre 5,5 et 5,9 frappes-seconde.

1 pilote avec une cadence comprise entre 6 et 6,4 frappes-seconde.

6 pilotes avec une cadence comprise entre 6,5 et 6,9 frappes-seconde.

4 pilotes avec une cadence comprise entre 7 et 7,4 frappes-seconde.

Nous devons signaler que l'un des deux pilotes dont la cadence moyenne est comprise entre 5,5 et 5,9 frappes/seconde a demandé une permission motivée par la fatigue qu'il ressentait depuis un certain temps.

L'examen des performances accomplies le lundi matin, jour qui succède à pas mal de dépenses physiques de tous ordres, nous a donné des résultats suivants :

(*Voir tableau* IV *page 48*)

Sur les 10 résultats moyens du lundi, 9 sont en baisse sur les résultats moyens des autres jours, dans des proportions allant de 2,0 à 17,7 p. cent. Un seul résultat est resté sensiblement constant.

Les tests effectués après le vol ont donné les chiffres suivants : (*Voir tableau* V *page 49*)

Nous pouvons noter une augmentation quasi générale de la vitesse de manipulation après le vol.

Ces expériences nous amènent aux considérations suivantes :

a) Les chiffres moyens journaliers corroborent dans leur ensemble ceux trouvés aux Centres d'Examen Médical du Personnel Navigant, puisque le maximum de sujets manipule à une vitesse de 5 à 7,5 frappes par seconde. Ajoutons toutefois que ces pilotes semblent être plus nombreux dans les vitesses rapides.

b) L'influence d'une fatigue physique générale se tra-

TABLEAU IV

Moyennes comparées des lundis avec les autres jours

Sujets	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
My	409	413,5	352,5	137,5	417,5	353,5	431	396	374	428,5
Lm	396,5	399	318	413	420	346,5	399	388	357,5	364
Différ.	— 3,0 %	— 3,6 %	—10,8 %	— 5,9 %	+ 0,5 %	- 2,0 %	— 8,0 %	— 2,0 %	— 4,6 %	- 17,7 %

My : moyenne journalière - Lm : moyenne des lundis.

TABLEAU V — **Influence du vol.**

Avant vol	Après vol			1/1 h. après			1/2 h. après		
308	371	+	20,4 %						
400	403	+	0,7 %	426	+	6,5 %			
399	409	+	2,5 %	396	—	0,7 %	408	+	2,2 %
394	416	+	5,5 %	422	+	7,1 %	415	+	5,3 %
358	432	+	20,9 %	415	+	15,9 %			
151	129		5,1 %						
421							438	+	4 %

duit au bout d'un laps de temps de quelques heures au moins par une diminution dans la rapidité d'exécution du test. C'est aux résultats obtenus le lundi que nous faisons allusion ici.

c) Le vol a pour effet immédiat d'accroître la vitesse de manipulation au moins dans les minutes qui suivent la descente d'avion. Cet accroissement, dû à une excitation psychique, semble passer par un maximum, puis faire place à une diminution, mais nous ne pouvons fixer d'une façon précise les limites de ces variations. Le petit nombre d'observations recueillies provient des circonstances météorologiques particulièrement défavorables durant notre séjour sur la base aérienne.

CONCLUSION

A. — Les travaux entrepris précédemment nous ont montré que leurs auteurs s'étaient attachés à faire du tapping-test un moyen d'étude de la fatigabilité et de la fatigue en elle-même comme l'avait fait Mosso avec son ergographe. Dans ce travail, par contre, nous nous sommes proposés de mettre en évidence la valeur du tapping-test en tant que mesure objective de la fatigue du personnel navigant et non de provoquer cette fatigue.

B. — Nous avons donc été amenés à modifier l'appareillage et le protocole expérimental utilisés par nos prédécesseurs.

L'expérimentation au Laboratoire nous a montré :

1° L'influence de la fatigue musculaire, sur la vitesse de répétition du mouvement volontaire : diminution de cette vitesse lorsque la fatigue porte sur le membre supérieur, augmentation lorsqu'elle porte sur l'ensemble de l'organisme après un effort physique important des membres inférieurs.

2° Nous avons pu vérifier dans une certaine mesure l'action stimulante du travail intellectuel sur la vitesse de manipulation.

3° Le caisson à dépression nous a permis d'étudier l'influence de l'anoxémie. Les résultats, en nombre insuffisant pour pouvoir conclure de façon définitive, semblent montrer une diminution du nombre de frappes après

1.000 mètres, et une faculté de récupération rapide après inhalation d'oxygène. Si dans notre expérimentation l'influence de l'anoxémie ne paraît pas aussi évidente qu'elle peut l'être en réalité, c'est sans doute parce que le séjour à l'altitude fictive de 5.000 mètres n'a pas duré assez longtemps. Mais nous ne pouvions raisonnablement demander aux sujets, qui étaient tous bénévoles, de rester en anoxémie jusqu'aux approches de la syncope.

C. — L'expérimentation faite aux Centres d'Examen Médical du Personnel Navigant a montré que chez les individus sains, la vitesse de manipulation se situe le plus souvent entre 5,5 et 7 frappes-seconde.

Nous avons pu constater en outre une augmentation du nombre de frappes de 18 à 35 ans, faisant place ensuite à une diminution qui paraît assez importante à partir de 40 ans. Ces résultats présentent un certain intérêt car, à notre connaissance, les travaux antérieurs sur l'influence de l'âge ne concernaient que les enfants et les adolescents.

D. — Sur la base aérienne, nous avons surtout étudié l'influence du vol sur la vitesse maximum de répétition du mouvement volontaire. Nous avons constaté une augmentation du nombre de frappes dans les minutes qui suivent le retour au sol, qui semble bien persister au moins une demi-heure. Mais nous n'avons pu vérifier l'hypothèse émise selon laquelle l'excitation psychique due au vol faisait place à une période de dépression puis de retour à la normale, car nous n'avons pu suivre les sujets pendant un temps suffisamment long après le retour au sol.

Ces recherches ne permettent pas de conclure de façon définitive à la valeur ou à l'inutilité du tapping-test.

Quoi qu'il en soit, nous avons pu réaliser un appareil réunissant le maximum de qualités : fidélité, précision, facilité d'exécution du test, manipulation sans fatigue réelle.

Nous avons également défini une technique et apporté

quelques résultats qui confirment les hypothèses déjà formulées.

Enfin l'expérience que nous avons faite nous incite à penser que des travaux repris à partir des données énoncées plus haut, pourraient fournir des résultats intéressants sur le problème si important de la fatigue du personnel navigant.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abelson (A.-R.). — The measure of mental ability of « backward » children. *Brit. J. Psychol.*, 1911, **4** : 268-314.
2. Bagley (W.-C.). — Correlation of mental and motor ability in school children. *Amer. J. Psychol.*, 1911, **12** : 193-205.
3. Benedict, Miles, Roth, Smith. — Human vitality and efficiency under prolonged restriction diet. *Washington, Carnegie Inst.*, 1919, Pub. 280 : 186-622.
4. Bickersteth (M.-E.). — The application of mental tests to children of various ages. *Brit. J. Psychol.*, 1917, **9** : 23-73.
5. Binet (A.), Courtier (J.). — Recherches graphiques sur la musique. *Année psychol.* 1895, **2** : 201-222.
6. Binet (A.), Vaschide (M.). — Expériences de vitesse chez les jeunes gens. *Année psychol.* 1897, **4** : 200-224.
7. Binet (A.), Vaschide (M.). — Epreuves de vitesse chez les jeunes gens. *Année psychol.* 1897, **4** : 64-98.
8. Bingham (M.V.). — Some norms of Dartmouth Freshmen. *J. Educ. psychol.* 1916, **7** : 129-142.
9. Bliss (C.-B.). — Investigations in reaction time and attention *Yale psychol. Studies*, 1893, J. : 1-55.
10. Bolton (T.-L.). — The relation of motor power to intelligence. *Amer J. psychol.*, 1903, **14** : 615-681.
11. Booth (W.), Dussy (J.), Olsen (O.). — Variations de la résistance capillaire, du tonus musculaire et de la vitesse maximum de répétition du mouvement volontaire, consécutives à un effort physique. *Journées médico-sportives du 6e Pentathlon Aéronautique de Florence*, sept. 1954.
12. Bryan (W.-L.). — On the development of voluntary motor ability. *Amer. J. Psychol.*, 1892, **5** : 123-204.
13. Burt (C.), Moore (R.-C.). — The mental differences between the sexes. *J. Exper. Ped.*, 1911, **1** : 73-284, 355-388.

14. Cattel (J.-M.), Farrand (L.). — Physical and mental measurements of the students of Columbia University. *Psychol. rev.*, 1896, **3** : 168-648.

15. Davis (W.-W.). — Researches in cross education. *Yale Psychol. Studies*, 1.898, **6** : 7-18.

16. Dresslar (F.-B.). — Some influence affecting the rate of voluntary motion. *Amer. J. Psychol.*, 1892, **4** : 514-527.

17. English (H.-B.). — An experimental study of mental capacity of school children correlated with social statues. *Psychol. Monog.* 1917, **23** : 266-231.

18. Frantz (S.-T.). — Handbook of mental examination methods. *New-York, Nervous and Mental Diseases monog.*, 1912, R. 165.

19. Gilbert (J.-A.). — Researches of mental and physical development of school children. *Yale psychol. Studies*, 1894, **2** : 40-100.

20. Gilbert (J.-A.). — Researches on school children and college students. *Univ. of Iowa Studies Psychol.*, 1897, **1** : 1-39.

21. Grandpierre (R.), Franck (C.), Olsen (O.). — Utilisation du tapping-test et du test de scintillement pour le contrôle de la fatigue du Personnel Navigant de l'Aviation. Rapports de l'Aéro-Médical Association, 24-27 sept. 1953, Bruxelles. Résumé *in Méd. Aéron.*, 1954, **9** (1) : 79-80.

22. Heal (J.-W.), Fernald (G.-M.). — Tests for pratical mental classification. *Psychol. Monog.*, 1911, **13** (2) : 53.

23. Hollingworth (H.-L.). — Influence of caffein on mental or motor efficiency. *Therapeutic Gazette*, 1912 (3e série) **28** : 1-6.

24. Hollingworth (H.-L.). — Variation in efficiency during the working day. *Psychol. rev.*, 1914, **21** : 473 pp.

25. Hollingworth (H.-L.), Poffenberger (A.-T.). — Applied psychology. *New-York, Appleton* 1917; 337 pp.

26. Hollingworth (H.-L.). — The influence of alcohol. *Journal abnormal Psychol.*, 1923-24, **18** : 204-237, 311-333.

27. Hull (C.-L.). — The influence of tobacco smoking on mental and motor efficiency. *Psychol. monog.*, 1924, **33** (3) : 161.

28. Johnson (W.-S.). — Researches in practice and habit. *Yale psychol. Studies*, 1898, **6** : 51-103.

29. Kelly (R.-L.). Psycho-physical tests of normal and abnormal children. *Psychol. rev.*, 1903, **10** : 345-372.

30. King (H.-E.), Clausen (J.). — Speed of tapping in methods in medical researches. *The Year book publishers*, 1950, **3** : 175-177.

31 Kirkpatrick (A.-E.). — Development of voluntary movement. *Psychol. rev.* 1899, **6** : 275-281.

32. Kirkpatrick (E.-A.). — Individual tests of school children. *Psychol. rev.* 1900, **7** : 275-280.

33. Kohnky (E.). — Preliminary studies of the effect of mental treatment upon the physical and mental efficiency of school children. *J. Educ. Psychol.*, 1913, **4** : 571-578.

34. Link (H.-C.). — An experiment in employement psychology. *Psychol. rev.* 1918, **25** : 116-127.

35. Lombard (W.-P.). — Muscular contractions. *Amer. J. Psychol.*, 1889, **3** : 90.

36. Malmo (R.-B.), Finan J.-L.). — A comparative study of eight tests in the decompression chamber. *Amer. J. Psychol.*, 1934, **57** : 389-405.

37. Marsh (H.-D.). — The diurnal course of efficiency. *Arch. Phil. psychol. Sc. method*, 1906, n° 7.

38. Moore (S.-M.). — Studies of fatigue. *Studies from the Yale psychol. labo.* 1895, **3** : 68-95.

39. Ream (M.-J.). — The tapping-test : a mesure of mobility. *Psychol. monog.* 1922, **31** (1) : 293-319.

40. Scow (J.), Krasno (L.-R.), Ivy (A.-C.). — The immediate and accumulative effect on psychomotor performance of exposure to hypoxia, high altitude and hyperventilation. *J. Aviation méd.* 1950, **21** : 79-81.

41. Smith (W.-G.). — A comparison of some mental and physical tests in their application to epileptic and to normal subjects. *Brit. J. psychol.*, 1904-05, **1** : 240-260.

42. Steinhaus (A.-H.), Kelso (A.). — Improvement of visual and other fonctions by cold hip baths. *War Med.*, 1943, **4** : 610-617.

43. Terman (K.-M.). — Genius and stupidity *Ped. rev.*, 1906 : **13** : 307-373.

44. Thompson (H.-B.). — The mental traits of sex. Chicago. *The University of Chiacgo Press*, 1903 : 188 pp.

45. Tracé (G.-M.). — A new tapping instrument for laboratory use. *Amer. J. Psychol.*, 1919, **30** : 425-427.

46. Von Kries (J.). — Kenntniss der willkürlichen Muskeltätigkeit. Du Bois Reymond. *Arch. Psychol.* 1886. suppl. **1** ;

47. Weidensale (J.). — A comparative study of the criminal woman, the working girl and the efficient working woman in a serie of mental and physical tests. *Baltimore, Warwick and York, Educ. monog.,* 1916, n° 14, 332 pp.

48. Wells (F.-L.). — A neglected measure of fatigue. *Amer. J. Psychol.,* 1908, **19** : 437-483.

49. Wells (F.-L.). — Normal performance in the tapping-test. *Amer. J. Psychol.* 1908, **19** : 437-483.

50. Wells (F.-L.). — Studies in retardation as given in the fatigue phenomena of the tapping-test. *Amer. J. Psychol.* 1909, **20** : 38-59.

51. Wells (F.-L.). — Sex differences in the tapping-test : an interpretation. *Amer. J. Psychol.,* 1909 : **20** : 353-363.

52. Whipple (G.-M.). — Manuel of mental and physical tests. *Baltimore, Warwick and York,* 1910, n° 10, 131 pp.

53. Whitley (M.-T.). — An empirical study of certain tests for individual differences. *Arch. Psychol.,* 1911, n° 19 : 62 pp.

54. Wyssler (C.). — The correlation of mental and physical tests. *Psychol. monog.,* 1901, **3** (16) : 62.

55. Woodworth (R.-S.). — The accuracy of voluntary movement. *Psychol. monog.,* 1889, **3** (13) : 114.

56. Woodworth (R.-S.). — Le mouvement. Paris, Ed. Douin, 1903 : 338-345, 375-376.

57. Wooley (H.-K.), Fischer (C.-R.). — Mental and physical measurements for working children. *Psychol monog.,* 1914, **18** (77) : 247.

58. Wooley (H.-K.). — A new scale of mental and physical measurements for adolescents and some of its uses. *J. Educ. psychol.,* 1915, **6** : 521-550.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et, s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes; si je le viole et que je me parjure, puissè-je avoir un sort contraire.

Vu : *Pour le Doyen,*
L'Assesseur : R. SIGALAS.

Vu : Bon à imprimer :
Le Président,
FABRE.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 17 Novembre 1954
Le Recteur,
E. DELAGE.